ISSN：3082-821X(Print)；3082-8201(Online)

B737NG飞机APU滑油散热工作原理与超温自动关车故障分析

徐学林 范迪南

深圳航空有限责任公司，中国·广东 广州 510800

摘要：本文从 APU 滑油系统散热原理入手，重点分析滑油温度控制活门的三位置工作特性与超温自动关车逻辑，结合一次过站 APU 自动关车的排故实例和 FIM 49-90 TASK 801 隔离程序，梳理滑油量、散热器、油滤、磁堵、传感器等环节的判断要点，并结合机队统计数据指出散热器脏堵与温度控制活门卡阻是此类故障的主要根源；从运行角度解读 MEL 49-01、49-02 条款的保留条件与修复期限，强调航后彻底排故、避免重复保留的必要性，为航线维修提供参考。

关键词：B737NG；APU；滑油温度控制活门；滑油散热器；超温自动关车

Analysis of APU Oil Cooling Working Principle and High Oil Temperature Auto-Shutdown Fault on the B737NG Aircraft

Xu Xuelin, Fan Dinan

Shenzhen Airlines Co., Ltd., China Guangdong Guangzhou 510800

Abstract: Starting from the heat dissipation principle of APU lubricating oil system, this article focuses on analyzing the three position working characteristics of the lubricating oil temperature control valve and the logic of automatic shutdown due to overheating. Combined with a troubleshooting example of APU automatic shutdown during a stopover and the FIM-49-90 TASK 801 isolation program, the key points for judging the lubricating oil volume, radiator, oil filter, magnetic blockage, sensor and other links are sorted out. Combined with fleet statistical data, it is pointed out that dirty radiator blockage and temperature control valve blockage are the main causes of such faults; Interpreting the retention conditions and repair period of MEL 49-01 and 49-02 from an operational perspective, emphasizing the necessity of thoroughly troubleshooting and avoiding duplicate retention after flight, and providing reference for route maintenance.

Keywords: B737NG; APU; Lubricating oil temperature control valve; Lubricating oil radiator; Automatic shutdown due to overheating

0 引言

本文从该活门的工作原理出发，结合一次过站排故实例、厂家隔离程序与最低设备清单保留政策，系统梳理故障判断与处置要点，以期为航线维修提供可复用的思路[1-3]。

1 运行中 APU 的重要性

737NG 飞机的 APU 在地面为飞机提供独立的气源和电源：主发动机起动前向空调组件供气，驱动起动机起动发动机并提供电力；空中遇发动机失效等特殊情况时，APU 又是重要的备用气源、电源。高温机场和高原机场的运行更是高度依赖 APU 的性能。一旦 APU 故障保留，地面保障只能依靠气源车、电源车，桥位资源紧张时过站时间明显拉长；部分外站缺乏地面设备，航班正点率将直接受损。因此，APU 故障虽然可以按 MEL 保留放行，但从运行角度看，其可用性直接影响签派裕度和保障能力，出现故障应尽快彻底排除，而不宜长期带故障运行。

2 APU 滑油散热工作原理

2.1 滑油系统的功用与循环

APU 滑油用于润滑、清洁和冷却启动发电机、轴承和齿轮箱三个部件。润滑组件内的三个供油泵从滑油箱抽出滑油，经润滑组件去润滑冷却上述部件，再由四个回油泵将滑油抽回油箱，构成完整循环。当滑油温度升高时，供油压力油路上的滑油经温度控制活门控制流向滑油散热器（OIL COOLER）进行冷却。散热器为油—气式散热器，利用 APU 尾喷上部进气口引入的冷空气降低滑油温度，滑油是否经过散热器冷却，完全由温度控制活门决定，如图 1 所示。

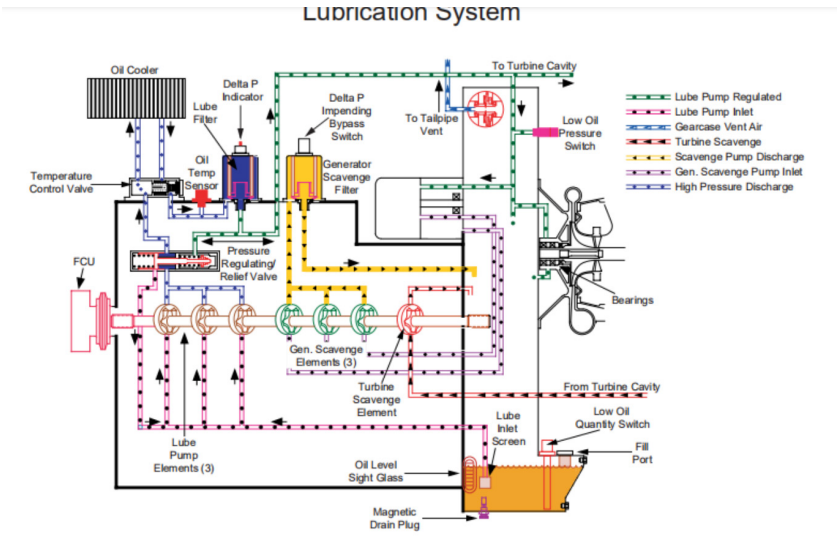


图1 APU滑油润滑与散热系统原理

2.2 温度控制活门的三位置工作特性

温度控制活门（TEMP CONTROL VALVE）是纯机械式作动活门，内部热敏部件直接感应滑油温度，利用热胀冷缩原理控制提升阀（POPPET VALVE）开度，无需任何电信号参与。其工作位置分为三种情况[2]：

（1）滑油温度低于 140℉(60℃）时，热敏部件收缩，提升阀缩回，活门处于全开位，相当于一个旁通活门，滑油不流经散热器而直接去润滑 APU 部件；

（2）滑油温度在 140℉(60℃)~170℉(78℃）之间时，热敏部件小部分膨胀，提升阀移动堵住一部分旁通油路，一部分滑油进入散热器冷却后回到活门再去润滑组件，活门处于半开位；

（3）滑油温度高于 170℉(78℃）时，热敏部件完全膨胀，提升阀完全堵住旁通油路，全部滑油经散热器冷却后再去润滑组件，活门处于全关位。

此外活门还有超压保护功能：若散热器堵塞，当进出口压差大于 50 PSI 时，油液压力克服弹簧力和热敏部件膨胀力将活门顶开旁通，保护油路安全。

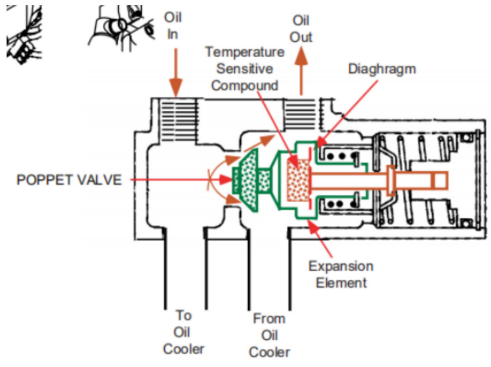


图2 温度控制活门工作原理示意

2.3 超温自动关车逻辑

滑油温度传感器（OIL TEMP SENSOR）将滑油温度信号传送给电子控制组件（ECU）。当 ECU 探测到滑油温度大于 300℉(149℃）、APU 转速大于 95% 且信号有效持续 10 秒时，实施保护性自动关车，存储代码 49-91005 HIGH OIL TEMP SHUTDOWN，P5 板 APU FAULT 灯亮。需要指出的是，自动关车只是防止超温损坏的保护动作，并不能消除超温根源，散热器脏堵、活门卡阻等根本问题依然存在[1]。

3 典型故障案例分析

3.1 事件经过

某 737NG 飞机过站期间 APU 自动关车，P5 板 APU FAULT 灯亮，MCDU 故障历史页读出代码 49-91005。因过站时间紧，按 MEL 办理保留，APU 不使用。值得注意的是，译码显示关车前滑油温度并未达到 149℃，关车代码与译码数据存在“矛盾”：若滑油温度确已超过 149℃持续 10 秒，译码不应无反映；反之若温度并未超限，则代码可能来自瞬时虚假信号或关车瞬间的温度尖峰。这一现象提示需要按 FIM 程序逐项隔离，区分真实超温与虚假信号，而不能仅凭代码直接换件。

3.2 按 FIM 49-90 TASK 801 隔离排查

FIM 列出的可能原因包括：散热器及导流筒渗漏堵塞或损伤、磁堵金属屑、APU 转动卡阻、APU 舱引气渗漏、温度控制活门、启动发电机、滑油温度传感器、ECU、线路连接器、润滑组件及 APU 本体。本例按程序逐项排查[1]：

（1）检查滑油量。滑油量在 FULL 位，排除低滑油量导致的散热不良；

（2）依据 AMM 49-91-41-200-801 目视检查滑油散热器及导流筒，确认无渗漏、堵塞，通风顺畅；

（3）检查油滤压差指示销未跳出，排除油滤堵塞造成的热量聚集；

（4）利用 BITE 实时监控。在 MCDU 上进入 APU

BITE TEST 的 INPUT MONITORING 页面实时观察滑油温度：若温度跳跃式变化，传感器故障可能性大；若温度稳定爬升并超限，则为真实超温，指向散热器散热能力不足、温控活门卡阻或内部磨损。本例温度平稳上升，传感器故障可能性不大[2]；

（5）依据 AMM 49-91-81-200-801 检查磁堵，未发现金属碎屑，排除内部轴承磨损；

（6）依据 AMM 49-21-00-980-801 人工转动 APU，转动顺畅，排除内部卡阻；

（7）启动发电机磨损通常伴随起动时间长、尾喷火光等现象，本例代码单一，可以排除；

（8）ECU 故障一般伴随其他代码和现象，本例代码单一且稳定，排除。

3.3 机队统计与排故结论

对机队近几年记录的 APU 自动关车事件按代码 49-91005 筛选，共 49 起，其中清洗滑油散热器和更换温度控制活门的占比较高，说明散热器脏堵与活门卡阻是该代码的主要根源。本例先清洗散热器，因温度控制活门缺件办理保留；次日件到后按 AMM 49-91-21 更换温度控制活门，试车无渗漏，INPUT MONITORING 页面滑油温度稳定在 78℃，故障彻底排除。

4 温度控制活门更换要点

依据 AMM 49-91-21 TEMPERATURE CONTROL VALVE - REMOVAL/INSTALLATION，更换器材见表 1[2]。

表1 更换器材清单

名称	件号	数量
温度控制活门	160550-1	1
封圈	M83248-1-017	4
封严板	2372546-1	1

两根油管为双封圈硬管，拆装时不易拔出。可先松开管路固定片螺钉，再拆下底座两颗螺钉，底座移出后即有足够空间拔出管路。安装顺序相反：装好封圈（每根管两个）后，先装靠上的管路再装下侧管路，最后将底座卡到位再固定；注意确认管路完全到位，否则封圈会漏出而被剪伤。

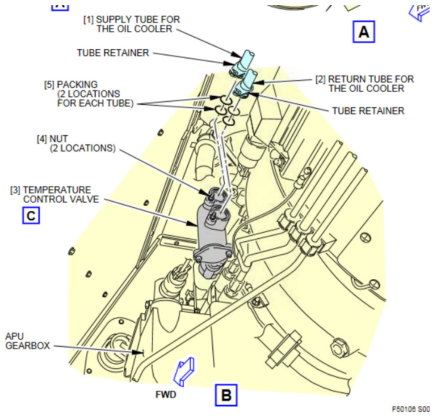


图3 温度控制活门安装位置

测试时，APU 起动完成并运行 5 分钟，在 MCDU 上进入 INPUT MONITORING 页面观察参数是否正常，本例滑油温度稳定在 78℃，同时目视检查活门结合面和管路接口无渗漏。风险点：梯架设备注意固定摆放防刮碰；拆下时有油液流出注意防护；高空作业佩戴安全带[2]。

5 从运行角度看 APU 保留与航后排故

按 MEL 49-01，APU 不使用时修复期限为 C 类（除发现之日外 10 个连续日历日），放行所需数量为 0，条件是运行程序不要求使用 APU，延程（ETOPS）运行除外；APS2000 型 APU 的飞机还要求目视检查尾锥区域和临近操纵面，确认无热损伤和脱层等迹象，并在 APU 电门上置“不工作”标牌。MEL 49-02 规定，APU 信号牌 LOW OIL PRESSURE 和 OVERSPEED 灯失效的前提是 APU 自动停车系统工作正常——保留期间自动停车保护必须可用[3]。

保留只是权宜之计：保留期间 APU 不可用，外站无地面气源、电源时保障困难；修复期限最长仅 10 天，超期即停场。因此航前、过站办理保留后，航后必须立即安排彻底排故。所谓彻底，一是按 FIM 走完整隔离流程，不依据单一代码盲目换件；二是结合译码数据、BITE 实时参数和机队统计缩小范围；三是修复后按 FIM 修复确认要求，通过试车和 BITE 确认最近一个 APU 循环 FAULT HISTORY 页不再出现该信息，才算真正排除故障。此外，建议将机队统计结果用于预防性维护：对散热器脏堵高发的飞机结合定检清洗散热器，对疑似卡阻的活门及时换新，尽量把故障消除在保留之前，减少重复保留和二次延误。

6 结语

APU 超温自动关车代码 49-91005 表面指向滑油超温，根源多在散热器脏堵与温度控制活门卡阻。掌握温度控制活门三位置工作特性与 BITE 实时监控方法，按 FIM 程序逐项隔离，可以有效避免排故的盲目性。航前过站按 MEL 保留放行是运行上的妥协，航后按期彻底排故、恢复 APU 可用，才能兼顾航班运行正常与飞行安全。

参考文献：

[1] Boeing. 737NG Fault Isolation Manual, TASK 49-90-00-810-801, High Oil Temp Shutdown - Fault Isolation.

[2] Boeing. 737NG Aircraft Maintenance Manual, TASK 49-91-21 (Temperature Control Valve - Removal/Installation) 与 TASK 49-61-00-700-801 (APU BITE Procedure).

[3] 波音 737NG 飞机最低设备清单和外形缺损清单（第 29 版）. 49-01 辅助动力装置，49-02 APU 信号牌.

作者简介：徐学林（1990.11-），男，汉族，山东东营人，本科，助理工程师，研究方向：从事飞机维修研究。